

Elektrolytbilanz bei Herzinsuffizienz

von

Karl Roschlau

aus

Nordhalben

Aus der Medizinischen Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. C. Korth

Elektrolytbilanz bei Herzinsuffizienz

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



vorgelegt

von

Karl Roschlau

aus

Nordhalben

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. G. Koch

Referent: Priv.-Doz. Dr. W. Schwarzbach

Korreferent: Prof. Dr. C. Korth

Tag der mündlichen Prüfung: 29.2.1972

Meinen Eltern in Dankbarkeit
gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548610_0076

Bei einer Herzinsuffizienz scheidet die Niere weniger Natrium aus als mit der Nahrung zugeführt wird. Natrium bindet Wasser, es kommt daher zur Ödembildung infolge einer positiven Natriumbilanz. Das Behandlungsziel bei der "Wassersucht" ist die Herbeiführung einer negativen Natriumbilanz. Das kann z. B. erreicht werden durch eine Einschränkung der Natriumzufuhr. Aufgabe dieser Arbeit war es, den Elektrolythaushalt bei Myokardinsuffizienz durch Aufstellung einer Natrium- und Kaliumbilanz unter den Bedingungen verminderter Natriumzufuhr bzw. erzwungener Natriumausscheidung (Diuretika) zu untersuchen.

Methodik

Bei 8 überwiegend weiblichen Probanden wurde die Natrium- und Kaliumausscheidung im Harn gemessen. 5 Patienten hatten ausgeprägte Ödembildungen bei einer Myokardinsuffizienz. In 3 Fällen handelte es sich um Probanden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt, die zu Vergleichszwecken herangezogen wurden. Die Kranken erhielten zeitweise eine streng salzarme Diät, d. h. sie bekamen weniger als 3 g Kochsalz pro Tag. Die Elektrolytbestimmung im Harn erfolgte flammenphotometrisch.

Ergebnisse

Natriumbilanz

1. Natriumbilanz bei Herzinsuffizienz und Kochsalz- armer Diät

Bei 3 Patienten mit Herzinsuffizienz und ausgeprägter Odembildung konnte allein durch streng salzarme Ernährung eine negative Natriumbilanz erzielt werden, d. h. der Organismus schied mehr Natrium aus, als im gleichen Zeitraum mit der Nahrung zugeführt wurde. Beispiele hierfür sind die Beob. 1-3. Bei Beob. 1 betrug die Natriumausfuhr während der ersten 12 Behandlungstage 1480 mval. Setzt man eine tägliche Natriumaufnahme von 30 mval voraus, dann wurden 1120 mval im Überschuß ausgeschieden (vgl. Abb. 1). In einem 2. Fall (Beob. 2) errechneten wir eine Differenz zwischen Natriumaufnahme und Natriumausscheidung von 331 mval (1.-10. Behandlungstag). Dabei nahmen wir als tägliche Aufnahme 20 mval Natrium an. Die Gesamtausscheidung belief sich auf 531 mval (vgl. Abb. 2). Im 3. Fall (Beob. 3, vgl. Abb. 3) waren nach 9 Tagen stationärer Behandlung 1374 mval überschüssiges Natrium ausgeschwemmt (Gesamtausscheidung 1644 mval Natrium, tägliche Zufuhr 30 mval Na).

2. Natriumbilanz bei Herzinsuffizienz und kochsalzarmer Diät bei Diuretikatherapie

Bei Diuretikaverabfolgung (z. B. Furosemid, Spironolactone) verstärkt sich die Natriumausscheidung ganz erheblich. Dabei wirkt Furosemid stärker natriuretisch als Spironolactone. Abb. 4 zeigt, daß mit Beginn der Diuretikatherapie (ab 6. Behandlungstag täglich 150 mg Spironolactone und gelegentlich 20 mg Furosemid parenteral) die bereits in Gang gekommene Ausscheidung deutlich ansteigt. Unter Furosemidgaben (durch Pfeile markiert) werden die höchsten Werte erreicht. Insgesamt maßen wir eine Natriumausschwemmung von

3358 mval nach 23tägiger Behandlung. Bei einer durchschnittlichen täglichen Zufuhr von 30 mval Na ergab sich als negative Natriumbilanz eine Mehrausscheidung von 2668 mval (Beob. 4).

Kommt es allein durch Natriumrestriktion nicht zur überschießenden Diurese, so gelingt dies durch häufige Furosemidtherapie, wie aus Abb. 5 zu ersehen ist. Während 31tägiger Bilanzuntersuchung (10.-40. Behandlungstag) wurden unter Furosemid insgesamt 2483 mval Na ausgeschieden. Abzüglich einer angenommenen durchschnittlichen täglichen Natriumaufnahme von 20 mval lassen sich 1863 mval Na im Überschuß ausgeschwemmt ermitteln (Beob. 5).

3. Natriumbilanz bei ausgeglichenem Wasserhaushalt

Im Überschuß zugeführtes Natrium wird bei Gesunden schnell wieder ausgeschieden, wie aus Beob. 6 hervorgeht: unter gesalzener Kost (1.-14. Behandlungstag) konnte eine durchschnittliche tägliche Natriumausfuhr von 91 mval, bei salzarmer Ernährung (15.-20. Tag) eine Ausscheidung von 52 mval festgestellt werden (vgl. Abb. 6). Die Differenz von täglich 39 mval entspricht einer Kochsalzmenge von ungefähr 2,5 g (1 g NaCl enthält etwa 17 mval Na).

Wie bei herzinsuffizienten Patienten wird auch bei gesunden Probanden unter Furosemid vermehrt Natrium ausgeschwemmt. Das läßt sich aus den Abb. 6-8 ablesen. Die Furosemidgaben sind durch Pfeile markiert. Dabei werden umso höhere Einzelwerte erzielt, je mehr Kochsalz mit der Nahrung gegeben wurde. Jedoch wird nicht mehr Natrium ausgeschieden, als in Form von NaCl zugeführt wurde. Furosemid wirkt also unabhängig von der zugeführten Natriummenge gleich stark. Hierzu dienen die Beob. 6 und 8 als Beispiele. Bei Beob. 6 schied die Patientin bei salzarmer Diät und Furosemidverabfolgung (40 mg Furosemid am 21. und 23. Behandlungstag parenteral) durchschnittlich 101 mval Na pro Tag aus. Bei gesalzener Kost mit zusätzlich 2 g NaCl sowie

Furosemidgaben (80 mg Furosemid parenteral am 25., 27. und 29. Tag) ließ sich eine durchschnittliche Tagesausfuhr von 187 mval Na ermitteln (vgl. Abb. 6). Die Differenz von 86 mval ergibt sich vor allem aus dem Zusalzen. Außerdem war bei Vollkost die Furosemiddosierung doppelt so hoch wie bei Natriumrestriktion. Die Beob. 8 zeigt, daß bei salzarmer Diät und gleichzeitiger Furosemidverordnung (29., 31., 33., 35., 37. und 39. Behandlungstag) der Durchschnittswert für die Tagesausfuhr 220 mval Na beträgt. Bei gesalzener Kost unter Furosemidtherapie (16., 18., 21. und 23. Tag) erzielten wir ein Durchschnittsergebnis von 293 mval Na pro Tag. Schließlich stieg der Wert bei noch zusätzlicher Zufuhr von 2 g Salz (47., 50. und 52. Tag) auf 340 mval Na (vgl. Abb. 8). Zwar erhöht Furosemid die Natriumausscheidung beträchtlich, doch bleibt bei intermittierenden Gaben die Gesamtausfuhr konstant. Bei Beob. 6 maßen wir als durchschnittliche Tagesausfuhr bei natriumarmer Diät und Furosemid (intermittierende Verordnung) zwischen dem 21. und 24. Behandlungstag 54 mval Na (ohne Furosemid 52 mval Na). Die gleiche Berechnung bei Vollkost mit zusätzlich 2 g Kochsalz (25.-29. Behandlungstag) ergab einen Wert von 123 mval Na. Ohne Furosemid bei Vollkost errechneten wir 91 mval. Der Differenzbetrag erklärt sich durch die zusätzlich gegebenen 2 g NaCl = 34 mval Na (vgl. Abb. 6). Bei salzarmer Nahrung (6.-25. Tag) ohne Furosemid fanden wir als durchschnittliche Natriumausscheidung 61 mval (Beob. 7). Wurde Furosemid intermittierend gegeben (39.-49. Tag), so lag der Durchschnittswert mit 71 mval Na pro Tag im gleichen Bereich (vgl. Abb. 7).

4. Beziehung zwischen Wasserhaushalt und Natriumbilanz

Vergleicht man das bei Herzinsuffizienz im Überschuß vom Organismus festgenaltene Natrium (positive Natriumbilanz), das entweder durch salzarme Diät oder nach Saluretikaverordnung zusammen mit Wasser im Harn ausgeschieden wird,

mit der gleichzeitigen Körpergewichtsverminderung bei den betreffenden Patienten, so gelangt man zu einer guten Übereinstimmung. 7 g NaCl, die etwa 2,8 g Na enthalten, binden 1 l Wasser. Die zusammen mit Na ausgeschwemmte Wassermenge (Ödeme) entspricht etwa der Reduzierung des Körpergewichts. Als Beispiele dafür lassen sich Beob. bei 5 herzinsuffizienten Patienten anführen. Bei Beob. 1 betrug die negative Natriumbilanz 1120 mval (gemessen nach 12 Tagen stationärer Behandlung). Dieser Wert entspricht 65,5 g NaCl, die wiederum 9,4 l Wasser binden. Die Körpergewichtsabnahme belief sich auf 13,9 kg. Die Gewichtsreduzierung erfolgte also zum größten Teil durch Odemausschwemmung und weiterhin durch Substanzverlust (vgl. Abb. 1). Im nächsten Fall (Beob. 2) waren nach 10 Tagen 331 mval überschüssiges Na ausgeschieden, die mit 19,4 g NaCl, die wiederum 2,8 l Wasser binden, gleichzusetzen sind. Die Gewichtsverminderung betrug 3,3 kg (vgl. Abb. 2). Bei Beob. 3 ergab die 9tägige Bilanzberechnung 1374 mval Überschußnatrium. Daraus errechneten wir 80,4 g NaCl. Die hierdurch gebundene Wassermenge von 11,5 l kommt der Körpergewichtsabnahme von 10,6 kg sehr nahe (vgl. Abb. 3). Beob. 4 ergab, daß nach 23 Tagen stationärer Behandlung 2668 mval Na = 156 g NaCl, die 22 l Wasser binden, ausgeschwemmt waren. Das Körpergewicht reduzierte sich im gleichen Zeitraum um 19 kg (vgl. Abb. 4). Im 5. Fall (Beob. 5) schied der Organismus 1863 mval Na mehr aus, als im gleichen Zeitraum aufgenommen wurde. Das entspricht 109 g NaCl und 15,6 l Wasser bei einem Gewichtsverlust von 15,4 kg.

Kaliumbilanz

1. Kaliumbilanz bei Herzinsuffizienz und kochsalzarmer Diät

Natriumrestriktion hat keinen Einfluß auf den Kaliumhaushalt. Auch nach Einleitung einer überschießenden Natriurese kommt es zu keiner wesentlichen Mehrausscheidung von Kalium, wie Abb. 1 sehr eindrucksvoll zeigt. Hier ist die Kaliumbilanz ausgeglichen, die Zufuhr entspricht der Ausfuhr (etwa 30 mval täglich).

Kaliumsubstitution bewirkt trotz vermehrter Kaliumausscheidung eine Erhöhung des Serumkaliumspiegels. Beispiele dafür sind die Beob. 2 und 3. Bei Beob. 2 ermittelten wir im Verlauf der 19tägigen Behandlung eine Kaliumausscheidung von 991 mval (52 mval im Tagesdurchschnitt). Vom 4. Tag der stationären Behandlung an wurde der Patientin Kalium gegeben (pro Tag 1 Kalinor-Acid-Brausetablette = 40 mval K). Die berechnete Gesamtaufnahme (angenommene Kaliumaufnahme mit der Nahrung = 30 mval pro Tag) betrug 1210 mval K (medikamentöse Kaliumzufuhr 640 mval, Zufuhr mit der Nahrung 570 mval; vgl. Abb. 2). Diese Mehraufnahme hat eine Erhöhung des Serumkaliumspiegels zur Folge (bei Beginn der Behandlung K. i. S. = 3,7 mval, gegen Ende K. i. S. = 4,7 mval). Im nächsten Beispiel (Beob. 3) wurden vom 1.-8. Tag täglich 40 mval K (je 1 Kalinor-Acid-Brausetablette) verabreicht. Die durchschnittliche Kaliumaufnahme mit der Nahrung betrug pro Tag 55 mval (Mittelwert der täglichen Kaliumausscheidung ohne Medikation). Somit konnten wir eine tägliche Gesamtaufnahme von 95 mval festlegen (vgl. Abb. 3). Bei der berechneten durchschnittlichen täglichen Ausscheidung von 87 mval mußte sich folglich eine geringe Erhöhung des Serumkaliumspiegels zeigen (von 4,4 mval auf 5,3 mval).

2. Kaliumbilanz bei Herzinsuffizienz und Kochsalzarmer Diät bei Diuretikatherapie

Wie Beob. 4 zeigt, bewirkt das Diuretikum Spironolactone eine Kaliumretention: unter Kaliumzufuhr (1.-6. Behandlungstag 40 mval K, 7.-16. Tag 80 mval K pro Tag) und Spironolactonegaben (vom 6. Tag bis Ende täglich 150 mg Spironolactone) stieg der Serumkaliumspiegel von anfangs 4,2 mval auf zuletzt 5,6 mval. Unsere Bilanzberechnung unterstreicht dies recht deutlich (gemessene Gesamtausscheidung 1305 mval K, Gesamtaufnahme 1690 mval K; vgl. Abb. 4).

Wird häufig das Diuretikum Furosemid verabreicht, so kommt es zur Entwicklung eines Kaliumdefizits, das sich in einem absinkendem Serumkaliumspiegel zu erkennen gibt. Abb. 5 zeigt, daß unter wiederholter Furosemidtherapie die Kaliumausfuhr erheblich ansteigt. Da aber der Nachschub durch die Nahrung unbedeutend ist im Verhältnis zur Ausscheidung, kommt es zum Kaliummangel. Beob. 5 ergab innerhalb von 31 Tagen (10.-40. Behandlungstag) eine Kaliumausscheidung von 1736 mval, der die geringe Kaliumaufnahme von 930 mval gegenübersteht (30 mval K pro Tag).

3. Kaliumbilanz bei ausgeglichenem Wasserhaushalt

Im Überschuß zugeführtes Kalium wird wieder ausgeschwemmt. Beob. 7 zeigt, daß bei Kaliumsubstitution von täglich 48 mval (KCl-retard Zyma) die durchschnittliche Tagesausfuhr 75 mval K betrug (1.-21. Behandlungstag). Der Serumkaliumwert bleibt konstant, das im Überschuß aufgenommene Kalium wurde also wieder ausgeschieden (K. i. S. am 3. Behandlungstag 4,85 mval, am 25. Behandlungstag 4,8 mval; vgl. Abb. 7).

Furosemidgaben beeinflussen den Kaliumhaushalt in viel geringerem Maße als bei herzinsuffizienten Patienten. Abb. 6 macht deutlich, daß sich unter Furosemid die Kaliumausscheidung kaum ändert (Beob. 6: durchschnittliche tägliche Ausscheidung bei Vollkost 51 mval K, bei salzarmer Diät

56 mval K, bei salzarmer Ernährung und Furosemid 58 mval K, bei Vollkost und zusätzlich 2 g NaCl unter Furosemid 61 mval K). In diesem Fall hatte Furosemid also keine Auswirkung auf den Kaliumhaushalt (K. i. S. zu Beginn des stationären Aufenthaltes 4,15 mval, gegen Ende 4,1 mval). Zwei weitere Beispiele (vgl. Abb. 7 und Abb. 8) erläutern zwar eine unter Furosemid erhöhte Kaliumausscheidung (bes. Abb. 8) mit leicht absinkendem Serumkaliumspiegel, jedoch ist dies nicht von Bedeutung; es entsteht kein Kaliummangel. Bei Beob. 7 sinkt der Serumkaliumspiegel unter Furosemidverordnung (39.-49. Tag) von 4,8 mval auf 4,2 mval (vgl. Abb. 7). Im gleichen Zeitraum ist auch die durchschnittliche tägliche Kaliumausscheidung, die ohne Furosemid 75 mval betrug, etwas erhöht (102 mval).

Beziehungen zwischen Natrium- und Kaliumbilanz

Bei herzinsuffizienten Patienten, die unter salzarmer Diät standen, konnten wir keine eindeutige Beziehung zwischen Natrium- und Kaliumbilanz feststellen. Auch nach Einsetzen der Natriurese zeigte sich keine wesentliche Mehrausscheidung von Kalium (vgl. Abb. 1). Unter Furosemidverordnung jedoch steigerten sich sowohl Natriurese als auch Kaliurese ganz erheblich (vgl. Abb. 5). Das Zustandekommen einer Relation ist also von medikamentösen Einflüssen abhängig.

Bei gesunden Probanden übt der Natriumgehalt der Nahrung keinen Einfluß auf den Kaliumhaushalt aus (bei Beob. 6 beträgt die durchschnittliche tägliche Kaliumausscheidung bei gesalzener Kost 51 mval, bei salzarmer Diät 56 mval; vgl. Abb. 6). Ebenso hat Kaliumsubstitution keine Wirkung auf den Natriumhaushalt (vgl. Beob. 7, 1.-21. Behandlungstag: keine erhöhte Natriurese bei Kaliumsubstitution; vgl. Abb. 7). Unter Furosemidgaben steigt zwar die Natriurese deutlich an, die Kaliurese jedoch kaum (vgl. Abb. 6-8). Wir fanden bei Gesunden lediglich unter dem Diuretikum Hygroton eine klare Beziehung. Dazu sei auf Beob. 7 verwiesen: zwischen dem 26. und 29. Behandlungstag wurde zweimal Hygroton verabreicht. Dabei kam es neben erheblichen Kaliumverlusten (K. i. S. sank von 4,8 mval auf 3,4 mval) auch zu starker Natriurese mit 3 kg Gewichtsverlust (vgl. Abb. 7).

Besprechung der Ergebnisse

Natriumbilanz

Es wird heute häufig die Ansicht vertreten, daß streng natriumarme Diät infolge der modernen Saluretikatherapie nicht mehr nötig sei. Wir haben deshalb bei herzinsuffizienten Probanden und bei Patienten mit ausgeglichenem Wasserhaushalt sorgfältige Elektrolytbilanzstudien über einen längeren Zeitraum durchgeführt, um über die Vor- und Nachteile der salzarmen Diät mehr Auskünfte zu erhalten.

Die Bestimmung der Natrium- und Kaliumausscheidung erfolgte flammenphotometrisch. Schwieriger gestaltete sich die Berechnung der Natriumzufuhr. Zwar standen mehrere Patienten unter salzarmer Diät, so daß die Zufuhr annähernd bekannt war, doch aufgrund unserer Aufzeichnungen konnten wir folgendermaßen vorgehen: wir verfolgten bei Herzinsuffizienten die Natriumausscheidung über längere Zeit und erstellten Mittelwerte, und zwar entweder vor Beginn der Natriumausschwemmung (in Abb. 5, 1.-9. Behandlungstag) oder nachdem bereits alles überschüssige Natrium ausgeschieden war. Beispiele dafür sind aus den Beob. 1-3 ersichtlich. Hier war nach einer bestimmten Zeit (in Beob. 1 nach dem 15. Behandlungstag, in Beob. 2 und 3 nach dem 12. Tag; vgl. Abb. 1-3) die Natriumbilanz ausgeglichen, d. h. die Ausscheidung hatte sich auf das Maß der Zuführung reduziert. Diese so gewonnenen Mittelwerte legten wir unseren Berechnungen zugrunde. Wir fanden, daß bei herzinsuffizienten Patienten im allgemeinen nicht mehr als 30-40 mval Na aufgenommen wurde. Das entspricht einer Kochsalzmenge von etwa 2 g (1 g NaCl enthält 17 mval Na). Da die normale Natriumaufnahme bei Vollkost zwischen 8-14 g NaCl pro Tag schwankt, so bedeutet natriumarme Diät eine Reduzierung der Natrium-

zufuhr auf $1/5 - 1/6$. Diese starke Zufuhrreduzierung ist offenbar im allgemeinen ausreichend, um eine überschießende Natriurese einzuleiten, und zwar bei Patienten, die keine Digitalis oder sonstige Medikamente erhielten, wie Abb. 1-3 deutlich machen. In manchen Fällen gelingt es nicht, allein durch Einschränkung der Kochsalzzufuhr eine negative Natriumbilanz und somit eine Beseitigung der Ödeme zu erzielen. In diesen Fällen ist die Indikation zur Anwendung eines Saluretikums gegeben (vgl. Abb. 5).

Kaliumbilanz

Was den Kaliumhaushalt betrifft, so gelang es ebenfalls, durch Berechnung von Mittelwerten die Zufuhr zu ermitteln (vgl. Abb. 1-5) und so bei bekannter Ausfuhr (flammenphotometrische Bestimmung) Bilanzen zu erzielen. In der Literatur (MOESCHLIN) wird behauptet, daß eine Einschränkung der Kochsalzzufuhr zu einer erhöhten Kaliumausscheidung führen würde. Das würde aber bedeuten, daß bei Herzinsuffizienten, die unter salzarmer Diät stehen, ein Kaliummangel bestünde. Nach unseren Kaliumbilanzuntersuchungen können wir dies jedoch nicht bestätigen. Es ergab sich kein Hinweis auf ein solches Defizit bei Herzinsuffizienz. Wie Abb. 1 zeigt, führt eine überschießende Natriurese unter salzarmer Diät nicht zu einer vermehrten Kaliurese. Es wird sogar bei gleichzeitigen Kaliumgaben eine geringe Erhöhung des Serumkaliumspiegels erzielt, wie aus Abb. 2 und Abb. 3 hervorgeht.

Ganz anders jedoch verhält sich der Kaliumhaushalt unter Saluretikatherapie. Während Spironolactoneverordnung meist nur einen mäßigen Kaliumanstieg bewirkt, der einen günstigen Einfluß auf das Herz ausübt, kann wiederholte Therapie mit einem stark kaliuretisch wirksamen Pharmakon ein Kaliumdefizit nach sich ziehen, also zu einer Hypokaliämie führen. Die Folgen der Hypokaliämie sind

Neigung zu Rhythmusstörungen, Sensibilisierung gegenüber Glykosiden, Neigung zur Alkalose und Verminderung der Herzleistung.

Unsere Untersuchungen sprechen also dafür, daß aufgrund der durch Saluretikatherapie häufig hervorgerufenen negativen Auswirkungen auf den Kaliumhaushalt die salzarme Diät als Basistherapie der Herzinsuffizienz neben der Digitalisierung unbedingt beibehalten wird und daß Saluretika nur nach strenger Indikationsstellung verordnet werden. Salzarme Diät hat nicht die Nebenwirkungen, die man ihr fälschlicherweise zuschreibt.

Zusammenfassung

Bei 5 Patienten mit Herzinsuffizienz und 3 Probanden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt wurde die Natrium- und Kaliumausscheidung im Harn über einen längeren Zeitraum gemessen.

Bei Herzinsuffizienz führt strikt natriumarme Ernährung zur überschießenden Natriurese. Gleichzeitige Therapie mit Furosemid verstärkt die Natriumausscheidung. Die kochsalzarme Diät übt keinen erkennbaren Einfluß auf den Kaliumhaushalt aus. Die überschießende Natriumausscheidung ist nicht mit einer wesentlichen Kaliummehrausscheidung verknüpft. Gleichzeitige Kaliumsubstitution bewirkt trotz steigender Kaliumausscheidung eine Erhöhung des Serumkaliumspiegels. Verabreichung von Furosemid führt zu einer erheblichen Steigerung der Kaliumausscheidung. Anhaltende Furosemidtherapie zieht ein Kaliumdefizit nach sich. Spironolactone bewirkt hingegen eine Kaliumretention. Auch bei Herzinsuffizienten besteht keine strenge Beziehung zwischen der Natrium- und Kaliumbilanz. Demgegenüber besteht eine deutliche Beziehung unter Furosemidgaben.

Bei gesunden Probanden führen Furosemidgaben ebenfalls zu einer verstärkten Natriumausscheidung. Bei intermittierender Furosemidverordnung bleibt die Gesamtausscheidung konstant. Im Überschuß verabreichtes Kalium wird genauso wie Überschußnatrium rasch ausgeschieden. Natriumarme Ernährung übt keinen erkennbaren Einfluß auf den Kaliumhaushalt aus. Kaliumsubstitution hat keine Wirkung auf den Natriumhaushalt.

Abbildungen

Abb. 1. Natrium- und Kaliumbilanz bei einer 49jährigen Frau mit Herzinsuffizienz während 25tägiger stationärer Behandlung.

Unter salzarmer Diät kommt es zu einer überschießenden Natriumausscheidung bis zum Zeitpunkt des Bilanzausgleiches. Zu diesem Zeitpunkt (etwa nach dem 15. Tag) ist alles überschüssige Natrium ausgeschieden, die Ausfuhr hat sich auf das Maß der Zufuhr (30 mval pro Tag) reduziert.

Natriumbilanz (1.-12. Tag):

Ausscheidung	= 1480 mval
<u>Aufnahme</u>	= <u>360 mval</u>
Überschußausscheidung	= 1120 mval
(negative Natriumbilanz)	
	= 65,5 g NaCl
	= 9,4 l Wasser
Gewichtsabnahme	= 13,9 kg

Auch nach Einleitung der Natriurese kommt es zu keiner wesentlichen Mehrausscheidung von Kalium. Die Kaliumbilanz ist von Anfang an ausgeglichen (Zufuhr = Ausfuhr).

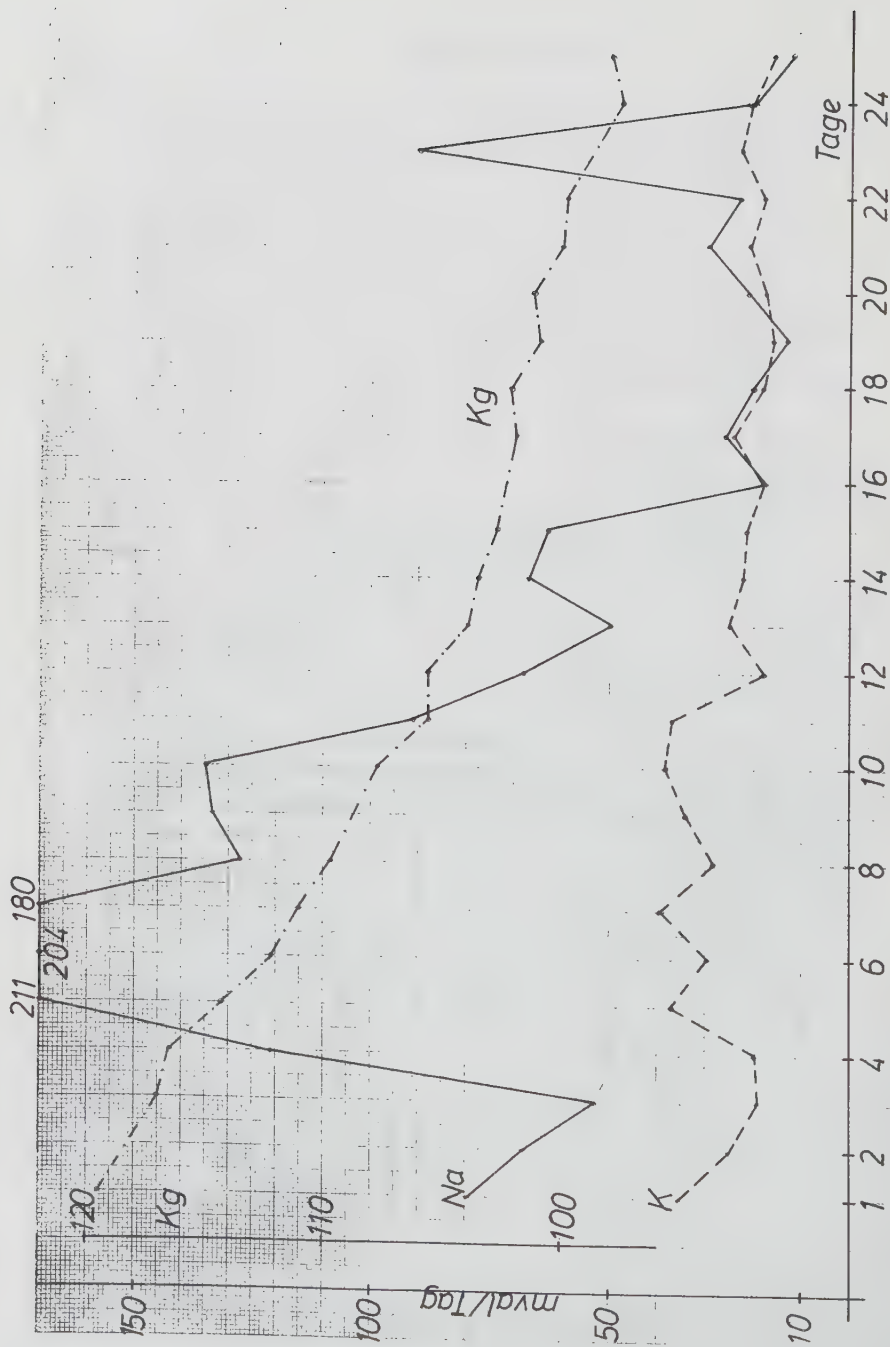


Abb. 2. Natrium- und Kaliumbilanz bei einer 60jährigen Frau mit Herzinsuffizienz während 19tägiger stationärer Behandlung.

Unter salzarmer Diät kommt es zu einer überschießenden Natriumausscheidung bis zum Zeitpunkt des Bilanzausgleiches (etwa nach dem 12. Tag).

Natriumbilanz (1.-10. Tag):

Ausscheidung	= 531 mval
<u>Aufnahme</u>	<u>= 200 mval</u>
Überschußausscheidung	= 331 mval
	= 19,4 g NaCl
	= 2,8 l Wasser
Gewichtsabnahme	= 3,3 kg

Unter Kaliumsubstitution (4.-19. Tag je 40 mval K) kommt es trotz vermehrter Kaliumausscheidung zu einer Erhöhung des Serumkaliumspiegels von anfangs 3,7 mval auf 4,7 mval gegen Ende der Behandlung.

Kaliumbilanz (1.-19. Tag):

Ausscheidung	= 991 mval
<u>Aufnahme</u>	<u>= 1210 mval</u>
Überschußaufnahme	= 219 mval

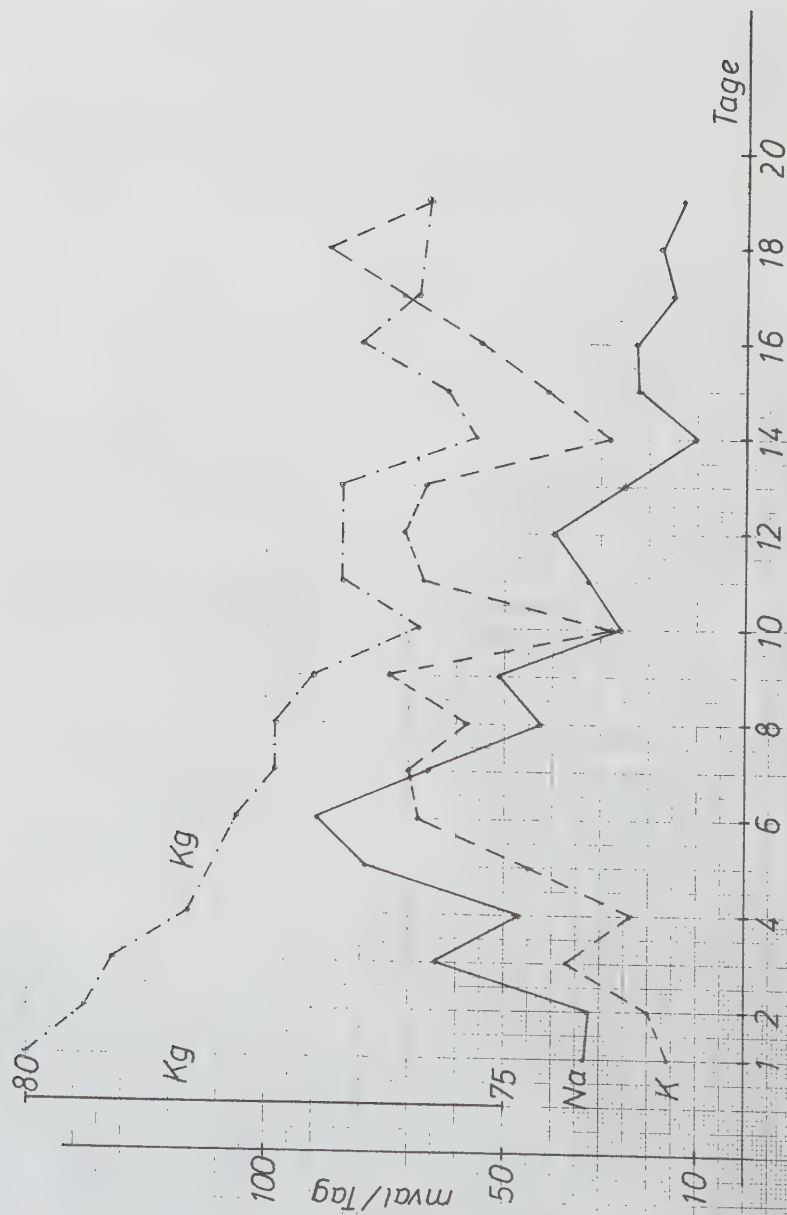


Abb. 2

Abb. 3. Natrium- und Kaliumbilanz bei einem 75jährigen Mann mit Herzinsuffizienz während 15tägiger stationärer Behandlung.

Unter salzarmer Diät kommt es zu einer überschießenden Natriumausscheidung bis zum Zeitpunkt des Bilanzausgleiches (etwa nach dem 12. Tag).

Natriumbilanz (1.-9. Tag):

Ausscheidung	= 1644 mval
<u>Aufnahme</u>	<u>= 270 mval</u>
Überschußausscheidung	= 1374 mval
	= 80,4 g NaCl
	= 11,5 l Wasser
Gewichtsabnahme	= 10,6 kg

Unter Kaliumsubstitution (1.-8. Tag je 40 mval K) kommt es trotz vermehrter Kaliumausscheidung zu einer Erhöhung des Serumkaliumspiegels von 4,4 mval auf 5,3 mval.

Kaliumbilanz (1.-8. Tag):

Ausscheidung	= 696 mval
<u>Aufnahme</u>	<u>= 760 mval</u>
Überschußaufnahme	= 64 mval

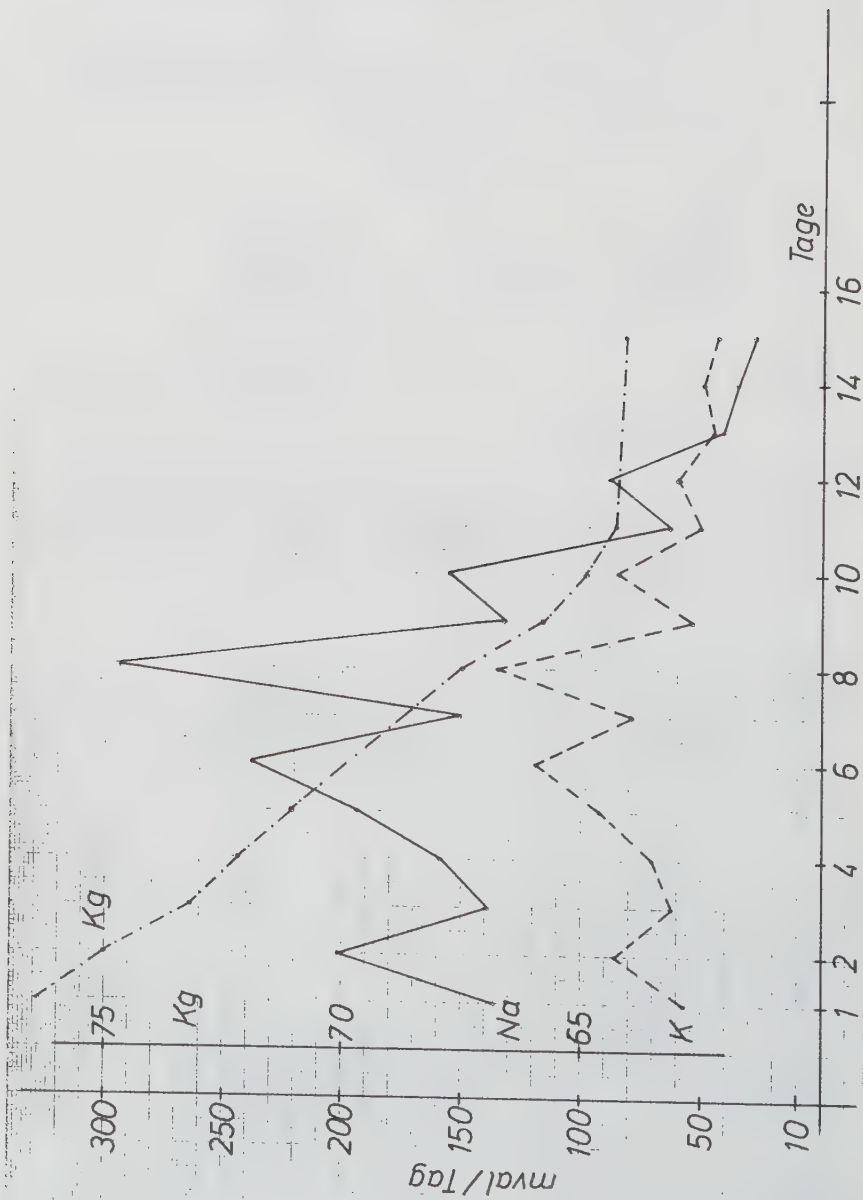


Abb. 3

Abb. 4. Natrium- und Kaliumbilanz bei einer 75jährigen Frau mit Herzinsuffizienz während 23tägiger stationärer Behandlung.

Mit Beginn der Diuretikatherapie (ab 6. Tag täglich 150 mg Spironolactone und gelegentlich 20 mg Furosemid parenteral; die Furosemidgaben sind durch Pfeile markiert) verstärkt sich die unter salzarmer Diät bereits vorher in Gang gekommene Natriurese ganz erheblich. Dabei wirkt besonders Furosemid stark natriuretisch. Der Bilanzausgleich ist etwa gegen Ende der Behandlung erreicht.

Natriumbilanz (1.-23. Tag):

Ausscheidung	= 3358 mval
<u>Aufnahme</u>	<u>= 690 mval</u>
Überschußausscheidung	= 2668 mval
	= 156 g NaCl
	= 22 l Wasser
Gewichtsabnahme	= 19 kg

Unter Kaliumsubstitution (1.-6. Tag je 40 mval K, 7.-16. Tag je 80 mval K) und Spironolactonegaben (s. o.) kommt es zu einer Kaliumretention (K. i. S. anfangs 4,2 mval, gegen Behandlungsende 5,6 mval).

Kaliumbilanz (1.-23. Tag):

Ausscheidung	= 1305 mval
<u>Aufnahme</u>	<u>= 1690 mval</u>
Überschußaufnahme	= 385 mval

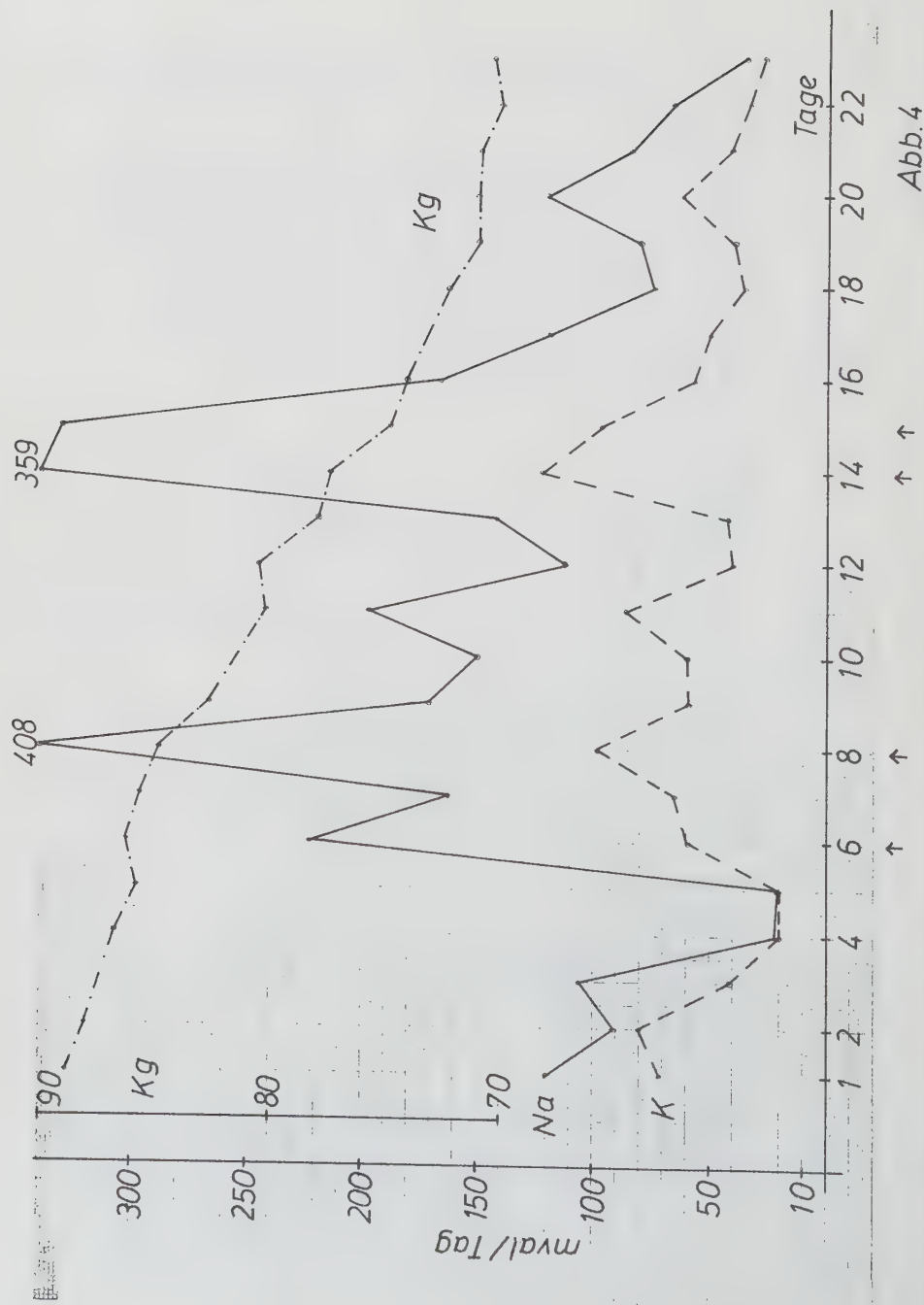


Abb. 5. Natrium- und Kaliumbilanz bei einer 61jährigen Frau mit Herzinsuffizienz während 46tägiger stationärer Behandlung.

Unter alleiniger Natriumrestriktion während der ersten Behandlungstage kommt es zu keiner überschießenden Natriurese. Durch häufige Furosemidtherapie (durch Pfeile markiert; je 80 mg Furosemid parenteral) jedoch wird eine negative Natriumbilanz erzielt. Der Bilanzausgleich ist etwa am 40. Behandlungstag erreicht.

Natriumbilanz (10.-40. Tag):

Ausscheidung	= 2483 mval
<u>Aufnahme</u>	<u>= 620 mval</u>
Überschußausscheidung	= 1863 mval
	= 109 g NaCl
	= 15,6 l Wasser
Gewichtsabnahme	= 15,4 kg

Unter häufiger Furosemidverabreichung steigt die Kaliumausscheidung ebenfalls erheblich. Da aber der Nachschub durch die Nahrung unbedeutend ist im Verhältnis zur Ausscheidung, kommt es zum Kaliummangel.

Kaliumbilanz (10.-40. Tag):

Ausscheidung	= 1736 mval
<u>Aufnahme</u>	<u>= 930 mval</u>
Überschußausscheidung	= 806 mval

349

140

Kg

130

120

K

Na

mval/Tag

Tag

Abb 5

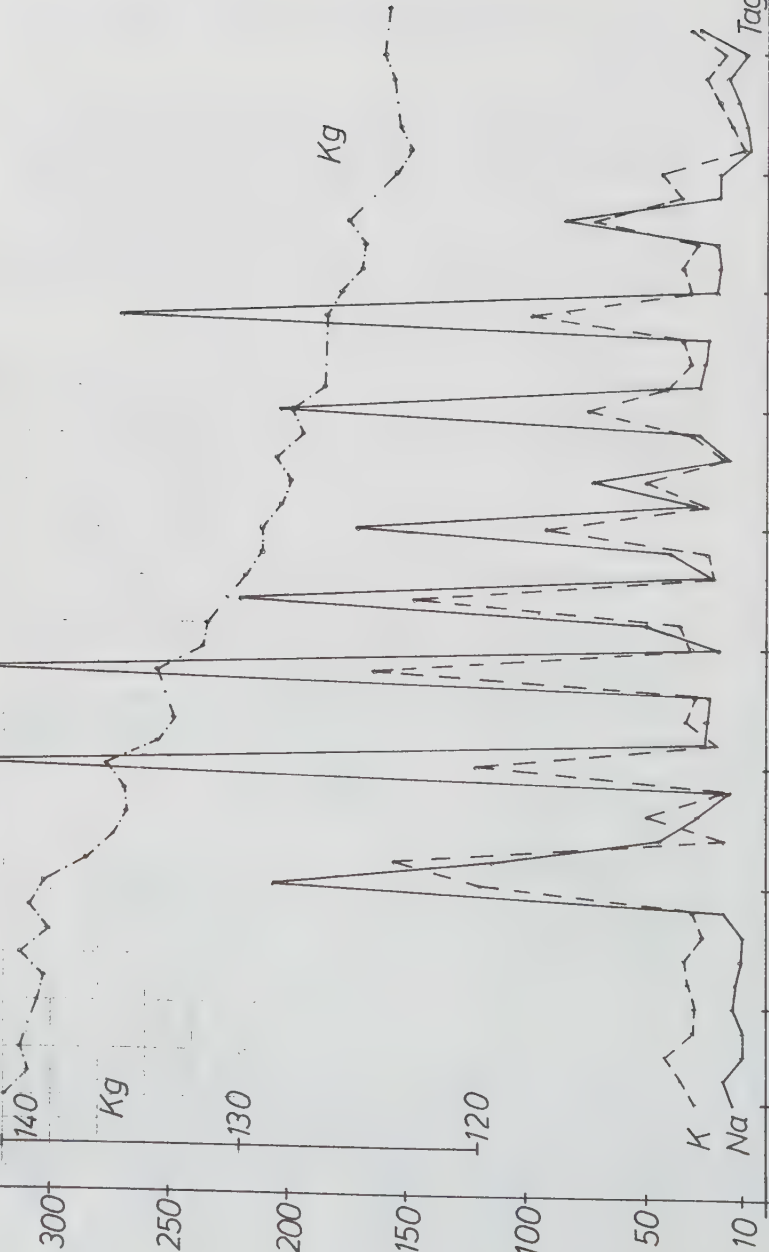


Abb. 6. Natrium- und Kaliumbilanz bei einer 63jährigen Frau mit *ulcus ventriculi* während 29tägiger stationärer Behandlung (1.-14. Tag gesalzene Kost; 15.-20. Tag salzarme Diät; 21.-24. Tag salzarme Diät und gelegentlich 40 mg Furosemid parenteral; 25.-29. Tag gesalzene Kost und zusätzlich 2 g NaCl und gelegentlich 80 mg Furosemid parenteral). Die Furosemidgaben sind durch Pfeile markiert.

Unter gesalzener Kost beträgt die durchschnittliche tägliche Natriumausscheidung 91 mval, bei salzarmer Diät 52 mval. Im Überschuß zugeführtes Natrium wird also wieder ausgeschieden. Unter Furosemidgaben wird zwar Natrium im Überschuß ausgeschieden, doch bleibt bei intermittierender Verabreichung die Gesamtausscheidung konstant (durchschnittliche tägliche Ausscheidung unter salzarmer Diät und gelegentlichen Furosemidgaben 54 mval Na, bei gesalzener Kost und zusätzlich 2 g Salz bei gelegentlicher Furosemidtherapie 123 mval Na).

Die Kaliumausscheidung bleibt unabhängig von der zugeführten Natriummenge konstant und erhöht sich auch bei Furosemidgaben nur unwesentlich (durchschnittliche tägliche Kaliumausscheidung bei gesalzener Kost 51 mval, bei salzarmer Diät 56 mval, bei salzarmer Diät und Furosemid 58 mval, bei gesalzener Kost und zusätzlich 2 g Salz und Furosemid 61 mval).

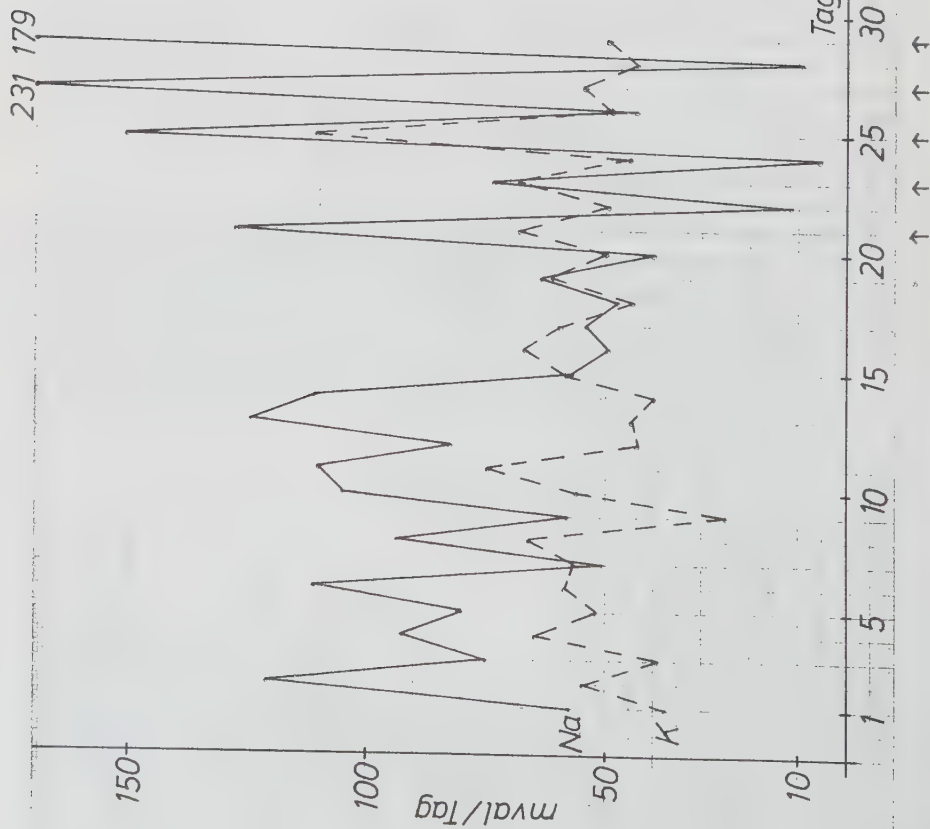


Abb. 7. Natrium- und Kaliumbilanz bei einer 51jährigen Frau mit Mitralvitium während 49tägiger stationärer Behandlung. Die Pfeile markieren Furosemidverabfolgung (je 40 mg Furosemid parenteral).

Unter Furosemidgaben wird zwar Natrium im Überschuß ausgeschieden, doch bleibt bei intermittierenden Gaben die Gesamtausscheidung fast konstant (unter salz- armer Diät vom 6.-25. Tag beträgt die durchschnittliche tägliche Natriumausscheidung 61 mval, bei salz- armer Diät und intermittierenden Furosemidgaben vom 39.-49. Tag 71 mval).

Bei Kaliumsubstitution von täglich 48 mval beträgt die durchschnittliche tägliche Kaliumausscheidung (1.-21. Tag) 75 mval. Der Serumkaliumspiegel bleibt im gleichen Zeitraum konstant, also wurde das im Überschuß zugeführte Kalium wieder ausgeschieden. Unter Furosemid- verordnung zeigt sich eine leicht erhöhte Kaliumaus- scheidung, die jedoch zu keinem Kaliummangel führt. Jedoch kommt es bei Hygrotongaben (durch Doppelpfeile gekennzeichnet) neben starker Natriumausschwemmung auch zu erheblichen Kaliumverlusten (K. i. S. sank von 4,8 mval vor der Hygrotontherapie auf 3,4 mval nachher).

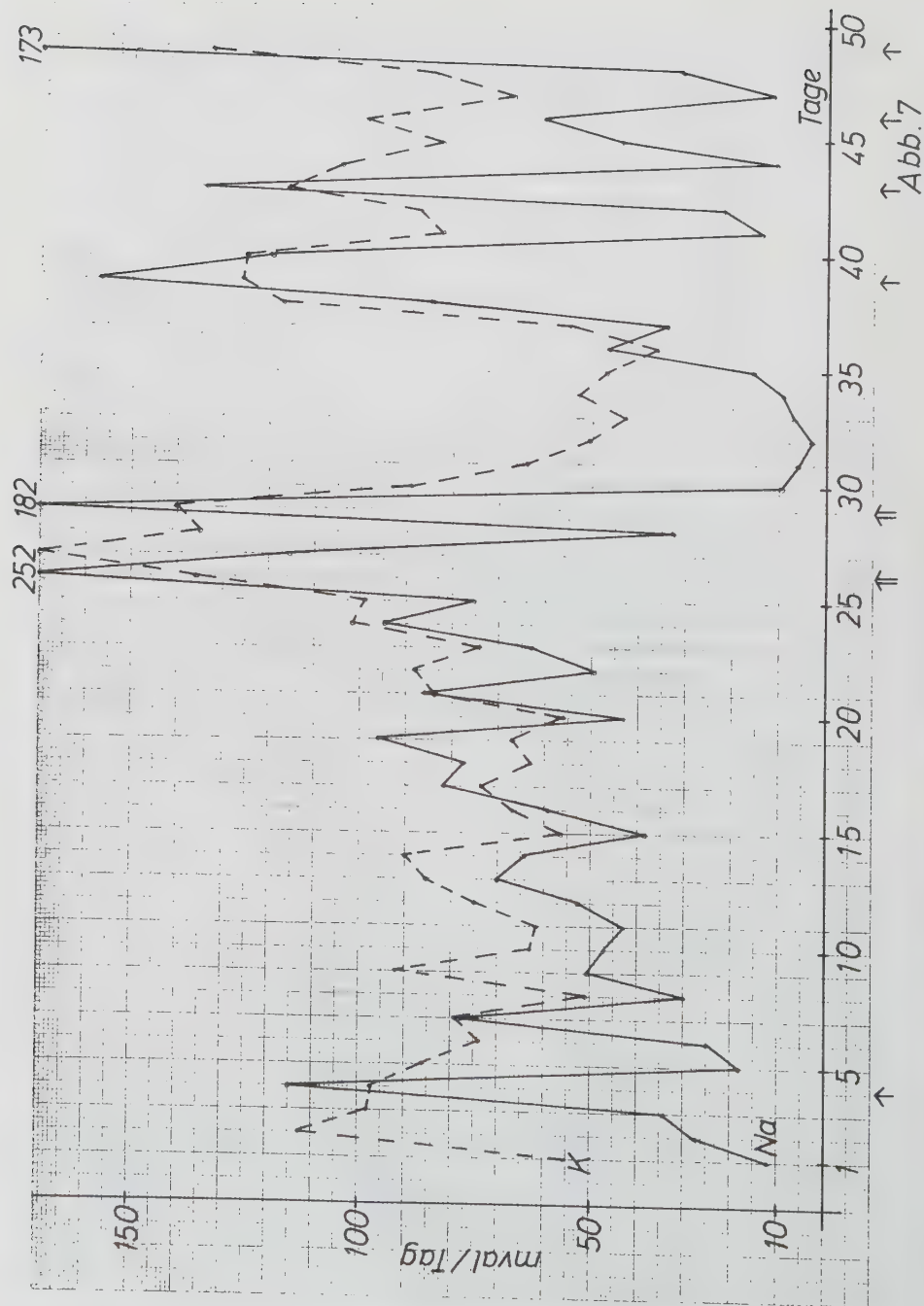
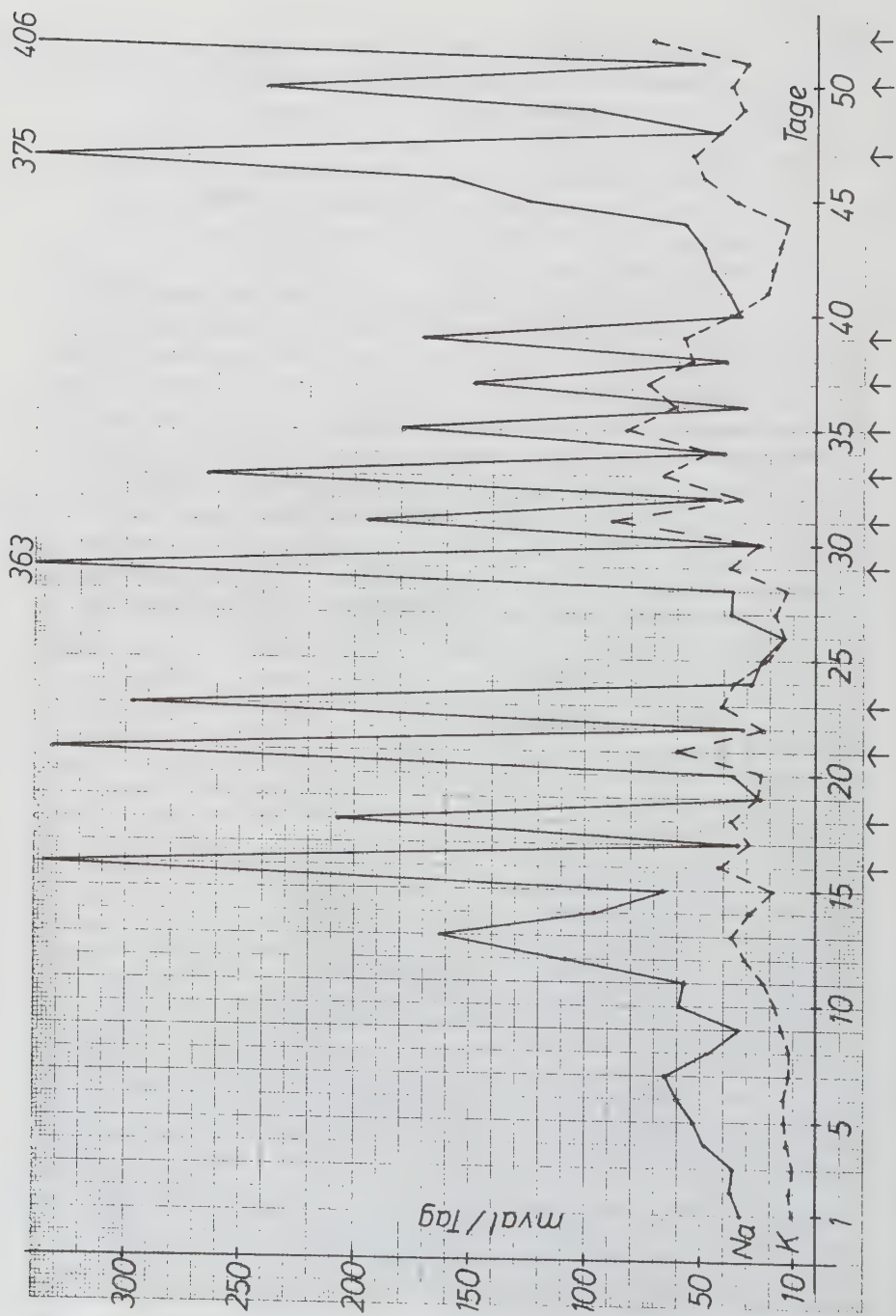


Abb. 6. Natrium- und Kaliumbilanz bei einer 53jährigen Frau mit vegetativer Unausgeglichenheit während 52tägiger stationärer Behandlung. Die Pfeile markieren Furosemidverabfolgung (je 80 mg parenteral). Vom 1.-25. Tag erhielt die Patientin gesalzene Kost, vom 26. - 44. Tag stand sie unter salzarter Diät, vom 45.-52. Tag war die Kost gesalzen und zusätzlich wurden pro Tag 2 g NaCl gegeben.

Unter Furosemid wird Natrium im Überschuß ausgeschieden. Dabei liegen die Werte umso höher, je mehr Kochsalz mit der Nahrung zugeführt wurde (unter salzarter Diät beträgt der Durchschnittswert für die Natriumausscheidung an Furosemidtagen 220 mval, bei gesalzener Kost 293 mval, bei gesalzener Kost und zusätzlich 2 g NaCl 340 mval). Die Unterschiede sind durch die vermehrte Kochsalzzufuhr bedingt, Furosemid selbst wirkt unabhängig von der zugeführten Natriummenge gleich stark. Die Kaliurese verstärkt sich unter Furosemidverordnung ebenfalls, jedoch nur geringfügig. Es kommt nicht zum Kaliummangel.



Literatur

1. MOESCHLIN, S.: Therapie-Fibel. 2. Aufl., Thieme, Stuttgart 1962
2. SCHWARZBACH, W.: Beziehungen zwischen extrazellulärer Kaliumkonzentration, elektrokardiographischem Erregungsablauf und kardialer Leistungsfähigkeit. Arch. Kreislaufforschung 63, 123-151 (1970)
3. SCHWARZBACH, W.: Ist die Kochsalzbeschränkung bei Herzinsuffizienz überholt? Schriftenreihe der bayer. Landesärztekammer 24, 225 (1970)

Lebenslauf

Am 16. Januar 1945 wurde ich, Karl Roschlau, als Sohn des Zahnarztes Dr. Karl Roschlau und seiner Ehefrau Luise, geb. Hetzel, in Nordhalben geboren.

Ab 1955 besuchte ich die Oberrealschule in Kronach. Dort legte ich im Juli 1964 die Reifeprüfung ab.

Nach Ableistung des Wehrdienstes begann ich im Wintersemester 1965/66 an der Universität Erlangen-Nürnberg mit dem Studium der Zahnmedizin. Im Mai 1971 bestand ich an dieser Universität das zahnmedizinische Staatsexamen. Im Juni 1971 erhielt ich die Approbation als Zahnarzt.

Seit Juli 1971 bin ich nun als Zahnarzt in Bayreuth tätig.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hög, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990